

## **PROPUESTA DE DETERMINACIONES PARA CONFECCIONAR UNA NORMA IRAM QUE MIDA EL RENDIMIENTO DE CALEFONES SOLARES.**

**Jorge A. Follari,; Luis A. Odicino; Daniel A. Perelló**

Laboratorio de Energía Solar-Dpto de Física.Facultad de Ciencias F.M.yN. UNSL  
Chacabuco y Pedernera- 5700 San Luis – TE:+54 (2652) 423370 Int 119

**RESUMEN** Una de las características más importantes de un calefón solar y que le puede interesar cualquier usuario es la energía útil que es capaz de suministrar. Ésta se puede interpretar como la cantidad agua caliente a temperatura de utilización, que le brindará por día el equipo en uso. Las normas europeas que se aplican, establecen una medida de la energía total ganada por el equipo en las horas de sol. Esta es una determinación necesaria, aunque no suficiente. Proponemos algunas determinaciones complementarias que completarian el conocimiento necesario a fin de concretar una nueva norma mas completa que la vigente.

**Palabras claves:** Calefón solar; eficiencia, Normas

### **INTRODUCCIÓN**

Las Normas en uso fueron sugeridas por Duffie J.y Beckman W.-1991. Ella mide la energía total ganada por el termotanque durante las horas de sol. Es decir que mide la energía ganada por los colectores y cedida al termotanque, a esta ganancia de energía hay que restarle las pérdidas térmicas del termotanque durante ese período del día. Un análisis de este procedimiento presenta las siguientes limitaciones:

- 1-No discrimina entre energía útil y no útil. Por ejemplo, si se trata del uso más generalizado que es el sanitario e higiénico, la temperatura de interés es aquella que permite, por ejemplo, un uso agradable. Si tenemos 40°C en el termotanque, se estima que llegará a través de la cañería respectiva al lugar de uso, por ejemplo, la ducha del usuario, y dependiendo de su aislación térmica, longitud de trayecto, etc tal vez a 38-39°C. Si supera esa temperatura deberá mezclarse con agua fría y le seguirá siendo útil. Pero si la temperatura es menor, requerirá de la utilización de otro calefón complementario que funcione con energía convencional. En este caso, si el calentamiento alternativo está en serie, la energía seguirá siendo útil, pero requerirá utilizar más energía convencional. Si el calentador convencional está en paralelo con el solar, la energía remanente en éste no podrá ser utilizada.
- 2-La norma en uso no toma en cuenta la temperatura del agua efectivamente extraída, sino la almacenada en el termotanque.
- 3-No toma en cuenta que el consumo intensivo es durante todo el día y entonces interesa también a la noche y al día siguiente, es decir 24 horas corridas que incluye los horarios normales de uso, y que por supuesto, en ese lapso de tiempo la temperatura del termotanque se modificará.
- 4-Que la medida se produce en un día soleado y no mide adecuadamente como funciona el equipo en días con diferente grado de nubosidad. Tampoco informa la capacidad de calentamiento del equipo para un dado mes con radiación media y temperatura media ambiente y temperatura del agua fría, conocidas.
- 5-Que no tiene en cuenta la temperatura ambiente.
- 6-Que no establece relación entre superficie colectora y dimensión del termotanque.
- 7-Que no se establecen condiciones respecto del granizo.
- 8-Que no establece condiciones respecto al viento.

Por todos estos motivos es necesario realizar determinaciones complementarias y establecer condiciones para la determinación ya prevista en la norma aludida

## **FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EFICIENCIA DE UN CALEFÓN SOLAR.**

### **a) Intercambiador de calor en el termotanque**

En los equipos con circuito cerrado, en el termotanque, está instalado el intercambiador de calor que recibe energía térmica de los colectores a través del fluido de trabajo del circuito cerrado y entrega esa energía al agua del termotanque. Estos intercambiadores disminuyen la eficiencia del sistema colector-termotanque entre un 7 y 20% de energía, ya que la temperatura de trabajo de los colectores debe ser mayor que la que esos mismos colectores tendrían en un circuito abierto. Este aspecto está evaluado por la norma vigente.

### **b) Relación entre las dimensiones horizontal y vertical del termotanque.**

Es conocido que, cuando se extrae agua caliente del termotanque, la superficie límite entre el agua fría que entra y la caliente que estaba allí se desplaza hacia arriba. También por conducción del calor, la capa caliente va calentando la zona inferior más fría, creando una capa intermedia tibia entre las dos capas antes mencionadas. Esta capa tibia llega a tener un espesor de 10 cm al momento de salir el sol. Es claro entonces que un tanque de 50 cm de diámetro y 1 m de altura, por ejemplo, la cantidad de agua que pasó a ser tibia es bastante mayor si el termotanque tiene su eje horizontal o si ese eje es vertical. No se ha perdido energía, pero requerirá un diferente uso de energía alternativa en uno y otro caso por el aumento de entropía ocurrido en la zona de mezclado.

### **c) Forma de introducir el agua caliente al termotanque.**

En los equipos solares de circuito abierto, la entrada del agua caliente de los colectores se realiza generalmente por un lugar cercano a la parte superior. Esto provoca que si el agua entrante está más fría que la del termo en dicha entrada y entonces descende, produciéndose mezclado del agua, es decir pérdida de estratificación. Si el agua entrante alcanza la temperatura del termotanque en su ingreso superior, y en la parte inferior del mismo el agua está fría como ocurre habitualmente a la mañana, los colectores trabajarán más calientes que si el ingreso al termotanque se produjera en la zona tibia. Esto es tendrán más pérdidas térmicas.

Existen dispositivos para que el agua entrante de los colectores pueda desplazarse dentro del termotanque verticalmente dentro de un conducto y salir por donde encuentre igual densidad, o sea la misma temperatura.

Este aspecto es evaluado por la norma vigente en cuanto a que la energía ganada en el día dará cuenta del buen funcionamiento de los colectores o si estos trabajan a mayor temperatura que la necesaria. Lo que no evalúa la norma es la estratificación que queda al final de la tarde, ya que no es lo mismo disponer de 120 litros de agua a 42°C y 80 litros a 15°C, que 200 litros a 31,2 °C, para tomar un ejemplo exagerado.

### **d) Dimensión del termotanque frente a la superficie colectora.**

Es obvio que un termotanque más grande alcanzará menor temperatura, pero almacenará más energía térmica que otro más chico. En este caso la norma vigente no evalúa este aspecto.

### **e) Aislación en termotanque.**

La aislación interviene durante el día, pero es más importante durante la noche, por la menor temperatura ambiente. Esto no puede evaluarse bien si sólo medimos la temperatura del agua al atardecer.

Todos estos factores, algunos difíciles de evaluar separadamente, dan un resultado global que es del interés del usuario conocer previamente a la elección de cual equipo solar instalará.

Además de una evaluación comparativa entre calefones solares diversos, al usuario le interesará conocer en un lugar dado, con las temperaturas ambientales medias del lugar para un mes cualquiera, conocidas también la temperatura del agua fría media y la radiación media diaria, que cantidad de agua caliente y a que temperaturas le proveerá su equipo. Esta es una información complementaria que la norma puede prever para que sea informada.

## **PROPUESTAS EXPERIMENTALES PARA UNA NUEVA NORMA MÁS COMPLETA**

En Follari J. 2006 se plantearon algunas propuestas para una nueva normativa. Analizaremos en detalle los aspectos puntualizados en la introducción.

### 1-Condiciones para considerar la energía ganada como útil.

Es claro que al usuario le interesa disponer de agua caliente por encima de la temperatura de utilización. Como el uso mayoritario es la ducha o el lavado de vajilla, puede establecerse esa temperatura en torno a los 40°C. Es decir, considerar como **energía ganada útil a aquella cuya temperatura iguale o supere la preestablecida.**

### 2-Forma de medir la energía ganada útil.

Al usuario le interesa el agua que dispondrá en su baño. Es entonces mejor que informar la energía que quedó a la tarde en el termotanque, extraer efectivamente el agua y medir su temperatura. Esto es relevante porque: a) Esta medición se puede realizar con mayor precisión, b) Da cuenta de la buena o mala estratificación y c) Informa de las perturbaciones que se producen en el termotanque al extraerle el agua caliente.

La propuesta es entonces medir **la energía ganada útil efectivamente extraída del termotanque**

### 3-Período de la extracción.

El uso de un calentador solar es periódico. Se renueva cada día, por lo que el período natural son 24 horas. Por ello la extracción debe simular el uso diario del equipo solar. Esto es hacer 3 o 4 extracciones diarias, sobre todo en horas de la mañana y de la noche que es el horario de duchas mas frecuente.

La propuesta en este aspecto es hacer **un plan de extracciones que simule el uso cotidiano.**

### 4-Respuesta del calefón solar a situaciones de distintas temperaturas ambientes y radiaciones

La radiación directa y difusa puede ser colectada en forma diferente por dos colectores distintos. Por ello interesa al usuario conocer la calidad de funcionamiento del calentador solar en días despejados y en días nublados.

Por otro lado interesa conocer la respuesta del equipo en un lugar, por ejemplo para un mes dado donde se conocen la temperatura del agua fría y las variables medias atmosféricas.

En Follari J 2003 se informa que se realizaron extracciones de agua caliente de acuerdo a una dada simulación de uso, determinando que la **energía media disponible diariamente**, puede estar entre el 50 y el 95% de la obtenible en un día totalmente soleado de un dado mes y lugar (en este caso en San Luis). Como conclusión que exprese esas mediciones, se propuso entonces y ahora lo reiteramos, la presentación de los resultados del testeo en las siguientes tres gráficas:

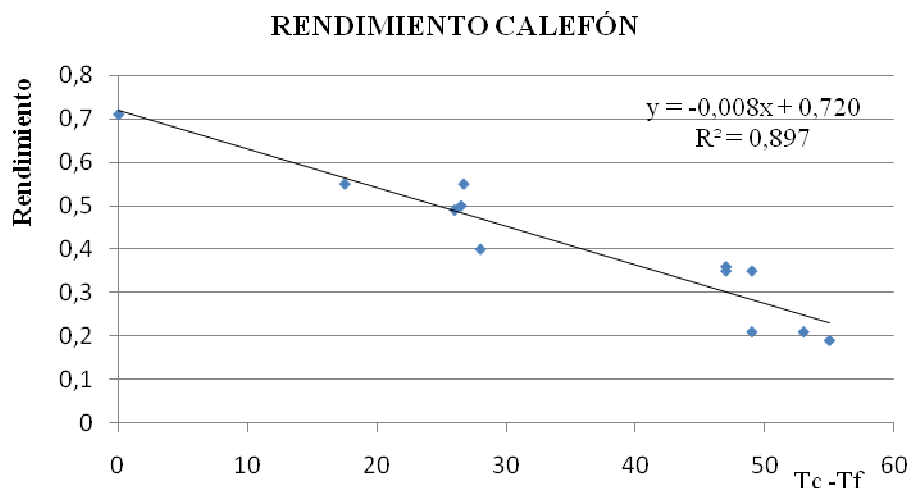


Figura 1: Rendimiento del calefón solar en 24 horas referido a la temperatura del agua fría.

En la figura 1 se analiza la ganancia de energía del calefón solar, referida a la temperatura del agua fría disponible. Es la determinación prevista en la norma vigente, pero realizada con 3 extracciones diarias de una cantidad predeterminada de agua cada vez, realizada a la salida del sol, al medio día y a la noche, en días sucesivos.

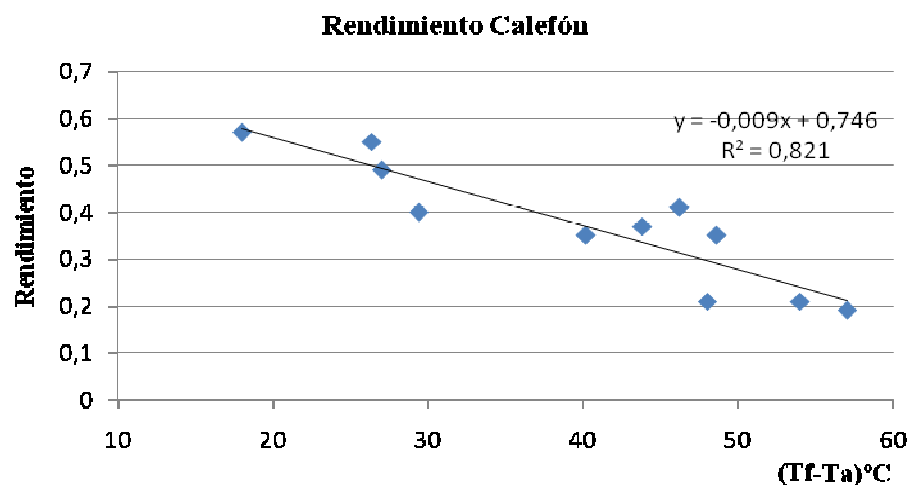


Figura 2: Rendimiento de un calefón solar en 24 horas, referido a la temperatura ambiente.

En la figura 2, el rendimiento se obtiene en función de la temperatura ambiente. Esto permite evaluar el comportamiento del mismo en distintas épocas del año cuando se lo midió en un período concreto. Esta determinación no está prevista en la norma vigente (ISOS 9806 y 9459) y se propone entonces su inclusión en la nueva normativa.

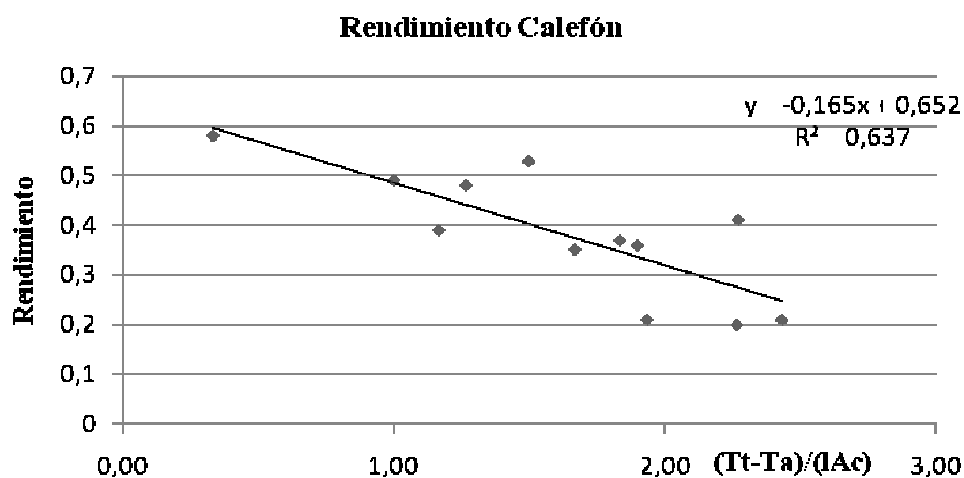


Figura 3: Rendimiento de un calefón solar en 24 horas en función de la temperatura ambiente y la radiación recibida.

Esta figura 3 nos informa del rendimiento donde se toma como referencia la temperatura ambiente y la radiación incidente. Esto permite extrapolar el funcionamiento del equipo a zonas de distinta radiación y temperaturas ambientes. Esta determinación dará a la futura norma una poderosa herramienta para calificar el comportamiento del calefón solar.

### **5-Relación entre la superficie colectora y la dimensión del termotanque.**

Este aspecto no está previsto en la norma vigente. Es claro que la ganancia dependerá de esta relación. Se podría establecer que esta relación esté definida. Esta posibilidad le quitaría libertad de diseño al fabricante.

**Se propone medir con extracciones diarias definidas en número y dimensión, tal que el total de agua extraída coincida con la cantidad de litros que el fabricante afirma que su equipo calienta diariamente. Por supuesto se diferenciará en cantidad de agua extraída por encima de la temperatura antes definida como útil y la cantidad de agua por debajo de la misma.**

**Queda para quienes elaboren la nueva norma la proyección de los resultados de una medición a otros lugares de condiciones atmosféricas distintas.**



Figura 4: fotografía del equipo testeado en San Luis

Experiencias realizadas en el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de San Luis (Follari J. 2006), (Fasulo y otros 2001) muestran que en días totalmente soleados, el rendimiento de los calefones solares es menor que en días parcialmente nublados o nublados. Es por ello que una determinación como la propuesta refleja con mayor precisión el comportamiento del calentador solar.

### **7-Efecto del granizo.**

La norma vigente no establece condiciones respecto al granizo. Puede ocurrir que la cubierta resista el granizo, entonces la determinación refleja las condiciones de trabajo que el equipo enfrentará en uso. Pero si la cubierta se rompe con granizo como es el caso de un vidrio normal, deberá prever el uso de alguna maya que evite su rotura en las zonas de granizo. (En Argentina es casi todo el país). En ese caso, todas las determinaciones deberán hacerse con la maya colocada o bien de las dos formas.

### **8- Efecto del viento.**

Cuando un calentador solar está instalado, generalmente sobre un techo, está sometido al viento de la zona. Es importante entonces incluir la velocidad del viento como parámetro y determinar la variación del rendimiento con la velocidad de viento. Su efecto sobre los colectores inclinados hacia el norte, depende de la dirección del mismo. Esto nos dará un dato más relevante para predecir el comportamiento del equipo conociendo las velocidades medias y direcciones mes a mes de un dado lugar.

## CONCLUSIONES

1-Una norma de testeo que permita comparar entre equipos calentadores de agua con energía solar, esta debe contemplar el uso efectivo doméstico que se le asignará al equipo, generando extracciones que simulen esto, única forma de dotar al usuario de medidas útiles.

2-Es necesario elaborar la Norma Iram para medir rendimiento en calefones completos, teniendo en cuenta los aspectos aquí mencionados y otros aportes que se hicieren. Esta será una herramienta imprescindible para el ente oficial que testee para las empresas y usuarios los calentadores solares. Hoy en Argentina lo comenzó a concretar el INTI.

3) La norma debe permitir que el testeo en determinadas condiciones atmosféricas, pueda prever otras condiciones en otro lugar.

## REFERENCIAS

Dufie J. and Beckman W. (1991) Solar engineering of the thermal Process. J. Wiley-N. York

Follari Jorge (2006) Análisis del comportamiento de los calefones solares argentinos y de otros orígenes- Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 18-Pag.27-Julio 2006.

Follari Jorge (2003) Mejoramiento energético y económico en calefones solares. Tesis de maestría en Energías Renovables. Directora Dra. Lesino Graciela- Publicación interna Univ. Nacional de Salta.

Norma ISO 9806 Test methods for solar collectors.

Norma ISO 9459 Solar heating – Domestic water heating systems.

Rapallini A, Chiabrera M, Muñoz O, Pellegrini O, Bruno M y Asis F. (1980) Ensayo de colectores solares en el banco de prueba de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Actas de la VI Reunión de ASADES pp. 97 a 115.

Rapallini A, Chiabrera M, Asis F, Mandel B, Muñoz O y Peralta M. (1981) Banco de prueba de colectores solares; resultados obtenidos en el periodo 1979-81. Acta de la VII reunión de trabajo de ASADES pp 116 a 122.

Rapallini A. y Chiabrera S. Propuesta de normas de ensayo de calefones solares termosifónicos (1981) Nota técnica Acta de la VII reunión de trabajo de ASADES

**ABSTRACT** One of the most important characteristics of a solar water heater and you may be interested in any user is the useful energy that is capable of providing. This can be interpreted as the amount hot water temperature of use, which will give the team a day in use. European standards are applied, provide a measure of the total energy gained by the team in the daylight hours. This determination is necessary but not sufficient. We propose some additional determinations that would complete the necessary knowledge to make effective a more comprehensive rules in force.

**Keywords:** solar water heater, efficiency, Standards